Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 17, No. 4, Oct- Nov 2021, p. 543-557

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۷، شماره ۴، مهر- آبان ۱۴۰۰، ص. ۵۵۷-۵۴۳

مقاله پژوهشی

بررسی ویژگی‌های فیزیکی دانه ماشک گل خوشه‌ای (*Vicia Villosa*) و بررسی اثر چربی‌گیری و تغییرات pH بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و عملکردی آرد حاصل از آن

بهداد شکرالهی یانچشمه[۱]- محمدعلی حصاری‌نژاد[۲]- زهرا زمانی[۳]- نگین یوسفی[۴]- آنا عبداشاهی[۵]- اشکان جبلی جوان[۶*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۱۶

چکیده

نظر به اهمیت روز افزون نیاز به منابع پروتئینی جدید و کمبود منابع پروتئینی حیوانی، استفاده از منابع گیاهی مورد توجه است. هدف از این مطالعه معرفی پتانسیل‌های دانه ماشک گل خوشه‌ای به‌عنوان یک منبع بومی و جدید پروتئینی بود. در این راستا ویژگی‌های فیزیکی دانه و ترکیب شیمیایی و پارامترهای رنگ آرد ماشک گل‌خوشه ای قبل و بعد از چربی‌گیری تعیین شد و تاثیر تغییر pH و چربی‌گیری بر ویژگی‌های عملکردی آرد حاصل مورد بررسی قرار گرفت. متوسط طول، عرض و ارتفاع دانه‌ها به‌ترتیب ۵/۴، ۵/۳۷ و ۵/۳۸ میلی‌متر و میانگین حسابی و هندسی قطر، ضریب کرویت و سطح به‌ترتیب ۵/۳۸۳، ۵/۳۸۳ میلی‌متر، ۰/۹۹۷ و ۹۰/۹۸۷ میلی‌متر مربع به‌دست آمد. میانگین دانسیته حقیقی، دانسیته توده و درصد تخلخل به‌ترتیب ۱۲۸۶/۳ کیلوگرم بر متر مکعب، ۷۸۸/۸ کیلوگرم بر متر مکعب و ۳۸/۶۷ درصد بود. آرد ماشک گل خوشه‌ای کامل و چربی‌گیری شده به‌ترتیب دارای ۲۸/۳و ۳۱/۲ درصد پروتئین و همچنین ۸/۲ و ۱/۹۲درصد چربی بود. آرد چربی‌گیری شده L^* بیشتر،a^* وb^* کمتری نسبت به آرد کامل داشت. اندیس حلالیت، ظرفیت جذب آب و همچنین روغن آرد ماشک گل خوشه‌ای کامل و بدون چربی به‌ترتیب ۵/۹۱ و ۷/۲۴، ۱۳۲/۹۵و۱۹۳/۶۹ و همچنین ۸۵/۰۷ و۱۱۹/۵۱درصد به‌دست آمد. حداقل غلظت ژل‌دهندگی، آرد چربی‌گیری شده کمتر از آرد کامل گزارش شد. چربی‌گیری آرد ماشک گل خوشه‌ای نیز موجب افزایش معنی‌دار ($P<0.05$) ظرفیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون و همچنین ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری کف شد. نتایج نشان داد تغییرات pH بر میزان حلالیت، ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری کف و ظرفیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون آرد ماشک گل خوشه‌ای به‌طور معنی‌داری ($P<0.05$) بود و با تغییر pH می‌توان مقادیر متفاوتی برای این ویژگی‌های عملکردی به‌دست آورد. با دور شدن از pH ایزوالکتریک ویژگی‌های عملکردی بهبود یافتند.

واژه‌های کلیدی: آرد، چربی‌گیری، خواص عملکردی، خواص فیزیکی، ماشک گل خوشه‌ای

مقدمه

به علت کمبود منابع پروتئین حیوانی، تلاشی بی‌وقفه جهت یافتن منابع جدید پروتئینی و برخورداری از هر دو ویژگی خواص عملکردی و ارزش تغذیه‌ای آنها صورت می‌گیرد (Kanu *et al*, 2007). در سال‌های اخیر، به دلیل فراوان و ارزان بودن حبوبات، به‌ویژه برای مردم کشورهای در حال توسعه که توانایی کمتری در تامین پروتئین از منابع دامی دارند، پژوهش‌های بسیاری در راستای معرفی و استفاده از فراورده های مختلف از حبوبات صورت گرفته است (Assadpour *et al*, 2010). همچنین به علت ارزش غذایی،کاهش ابتلا به بیماری و ویژگی‌های عملکردی مناسب تمایل به استفاده از این دانه‌ها افزایش یافته است (Kanu *et al*, 2007). مطالعات فراوانی جهت معرفی و تعیین خواص عملکردی آرد حبوبات و بقولات از قبیل آرد لوبیا قرمز و نخود (El Nasri *et al*, 2007 ؛ Adebowale *et al*, 2005)، عدس (Shokrollahi Yanchechmeh *et al*, 2014)، شنبلیله (Feyzi *et al*, 2013)، گاودانه (Taghizadeh *et al*, 2016) انجام شده است. دانه ماشک گل خوشه‌ای با نام علمی *Vicia Villosa* دانه‌ای از خانواده حبوبات است که ظاهری شبیه ماش دارد. محتوای پروتئینی این دانه بیش از ۲۵ درصد می‌باشد (Alizade *et al*, 2016)؛ با توجه به بومی بودن، قابلیت تولید این محصول در ایران، مقاوت گیاه به سرما و خشکی و دارا بودن درصد پروتئین بالا در این دانه، آردهای حاصل و فرآورده‌های پروتئینی

۱ و ۵- پژوهشگر و استادیار، مرکز تحقیقات سلامت غذایی (نمک)، دانشگاه علوم پزشکی سمنان، سمنان، ایران.
۲- استادیار، گروه فرآوری موادغذایی، موسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران.
۳- دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۴- دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس تهران، تهران، ایران
۶- دانشیار، گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.
(* - نویسنده مسئول: Email: jebellija@profs.semnan.ac.ir)
DOI: 10.22067/ifstrj.v17i4.86705

حاصل از آن می‌تواند از نظر ویژگی‌های عملکردی و قابلیت استفاده در صنعت غذا مورد ارزیابی قرار گیرد (Rezaiyan Attar *et al*., 2018). خـواص عملکردی آرد و فراورده‌های پروتئینی حاصل تابع عوامل مختلفی نظیر نوع منبع پروتئینی، فرآیند تولید آرد و یا ایزوله پروتئینی، همچنین نوع ترکیبات مرتبط با شبکه پروتئینی مثـل لیپید، کربوهیدرات و هرگونه عامل فیزیکوشیمیایی همچون دما، غلظت، نمک و pH می‌باشد (Oshodi *et al*, 1997 ؛ Arogundade *et al*, 2004 ؛Arogundade *et al*, 2006). هرگونه تغییر در این عوامل سبب تغییر در خواص عملکردی می شود (Aluko *et al*, 1995). با توجه به پتانسیل استفاده از این دانه به‌عنوان یک منبع پروتئینی جدید و شرایط بهینه استفاده از آن و عدم وجود تحقیقات در مورد آرد حاصله و ویژگی‌های عملکردی آن، تعیین ویژگی‌های عملکردی آرد حاصل و بررسی اثر فرایند چربی‌گیری و تغییر pH بر این ویژگی‌ها به جهت تحقیقات آتی ضروری به نظر می‌رسد. از این طریق می‌توان به نتایج قابل توجهی در زمینه کاربرد آرد ماشک گل خوشه‌ای در فراورده‌های غذایی مختلف دست یافت و به این وسیله هم از ویژگی‌های عملکردی آرد حاصل بهره‌مند شد.

مواد و روش‌ها

ماده اولیه مورد استفاده در این پژوهش شامل دانه ماشک گل خوشه‌ای از بازار محلی استان چهارمحال و بختیاری تهیه گردید. دانه‌ها جهت حذف تمام ذرات خارجی نظیر سنگ ریزه، خار و خاشاک و سایر دانه‌ها، به‌طور دستی به دقت تمیز شدند. دانه‌های تمیز شده در کیسه‌های پلاستیکی بسته‌بندی شده و تا زمان انجام آزمون‌های فیزیکی در مکان خشک و خنک نگهداری شدند. جهت تهیه آرد نیز دانه‌های تمیز شده توسط آسیاب خانگی (۸۳۰۰، توس‌شکن خراسان، ایران) به آرد تبدیل و از الک با مش ۴۰ عبور داده شدند. نیمی از آرد کامل حاصل به مدت ۶ ساعت با حلال هگزان (با نسبت ۱ به ۵) چربی گیری و مجددا از الک با مش ۴۰ عبور داده شد. آردهای چربی‌گیری شده و چربی‌گیری نشده تا زمان بررسی خواص عملکردی در دمای یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند. کلیه ترکیبات شیمیایی مورد نیاز از نوع آزمایشگاهی با خلوص بالا (سیگما و مجللی) بوده و بدون هیچ‌گونه خالص سازی مجدد مورد استفاده قرار گرفتند.

بررسی خصوصیات فیزیکی دانه

اندازه‌گیری ابعاد و جرم هزاردانه

ابتدا ۱۰۰ دانه ماشک گل خوشه ای به‌طور تصادفی انتخاب و ابعاد آنها شامل طول (l)، عرض (w) و ارتفاع (h) توسط کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. میانگین حسابی و هندسی قطر و ضریب کرویت براساس روش تقی‌زاده و همکاران (۲۰۱۶) تعیین شد. به‌منظور تعیین جرم هزار دانه، ۱۰۰ دانه با ترازوی دیجیتال توزین شد و با ضرب کردن عدد حاصله در عدد ۱۰، جرم هزاردانه به‌دست آمد (رضوی و همکاران، ۲۰۰۹).

دانسیته حقیقی، دانسیته توده و درصد تخلخل

اندازه‌گیری دانسیته واقعی، دانسیته توده و درصد تخلخل دانه‌ها بر اساس روش رضوی و همکاران (۲۰۰۹) محاسبه شد دانسیته واقعی به روش پیکنومتری، با استفاده از حلال تولوئن اندازه‌گیری شد (تقی‌زاده و همکاران، ۲۰۱۶).

تعیین ترکیب شیمیایی، شاخص‌های رنگی و خواص عملکردی آرد کامل و آرد چربی‌گیری شده

تعیین ترکیب شیمیایی

به‌منظور تعیین ترکیبات شیمیایی، درصد رطوبت، چربی، پروتئین و خاکستر نمونه‌ها (آرد ماشک گل خوشه‌ای قبل و بعد از چربی‌گیری) اندازه‌گیری شد (AACC ,2003). محاسبه میزان کربوهیدرات نیز از طریق کسر درصد کلیه ترکیبات از ۱۰۰ انجام شد. کلیه آزمون‌ها با دو تکرار صورت گرفت.

بررسی مولفه‌های رنگ

مولفه‌های رنگ (L*،a*،b*) نمونه‌های آرد ماشک گل خوشه‌ای قبل و بعد از چربی‌گیری با استفاده از رنگ‌سنج دیجیتال (CR- 410، کونیتامینولتا سنسینگ، ژاپن) تعیین شدند. مولفه L* بیانگر درجه روشنی نمونه می‌باشد که می‌تواند مقادیر ۰ تا ۱۰۰ را به‌خود اختصاص دهد. مولفه a* گستره رنگ سبز (مقادیر منفی) تا رنگ قرمز (مقادیر مثبت) و مولفه b* نیز گستره رنگ آبی (مقادیر منفی) تا رنگ زرد (مقادیر مثبت) را در برمی‌گیرد،کالیبراسیون اولیه دستگاه با استفاده از کاشی سفید استاندارد صورت پذیرفت و به‌منظور بررسی مولفه‌های رنگ، نمونه‌ها در یک پلیت پلاستیکی با قطر ۵۸ میلی‌متر و عمق ۱۵ میلی‌متر قرار گرفتند.

میزان حلالیت آرد

میزان اندیس حلالیت آرد [1]

بررسی میزان حلالیت آرد کامل و چربی‌گیری شده ماشک گل خوشه‌ای بر اساس روش Lee و همکاران (۲۰۱۷) با کمی اصلاحات انجام شد. ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر به نمونه‌های توزین شده آرد (۴ گرم) درون لوله های آزمایش افزوده و سر لوله ها محکم بسته شد. این لوله‌ها به مدت یک ساعت در دمای اتاق نگهداری و گاهی اوقات

1 Water solubility index

لوله‌ها به‌خوبی تکان داده شدند. سپس به مدت ۱۵دقیقه در ۸۰۰g سانتریفوژ شد و فاز بالایی در دمای ۱۲۵درجه سانتی‌گراد در آون خشک شد تا به وزن ثابت رسید. میزان حلالیت آرد یا همان میزان کل مواد جامد محلول در فاز رویی، از طریق خشک کردن فاز رویی و وزن آن و تقسیم آن بر مقدار نمونه تعیین گردید (Lee *et al.*, 2017).

میزان حلالیت پروتئین آرد[1]

میزان حلالیت پروتئین برای دو آرد کامل و چربی‌گیری شده در pH طبیعی آردها و نیز به‌منظور بررسی تاثیر pH، میزان حلالیت پروتئین آرد چربی‌گیری شده در مقادیر pH بین ۲ تا ۱۲ با استفاده از روش بیورت تعیین شد (Feyzi *et al*, 2015). ابتدا محلول ۱/۵ درصد در آب دیونیزه تهیه گردید و به‌منظور بررسی اثر تغییرات pH، تنظیم pH به کمک اسید کلریدریک و یا هیدروکسید سدیم ۰/۵ مولار صورت گرفت. محلول به مدت ۳۰ دقیقه به کمک همزن مغناطیسی، در دمای اتاق هم‌زده شد. نمونه ها در g×۵۰۰۰ به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ گردید تا فاز معلق جدا شود. میزان پروتئین موجود در فاز معلق، با استفاده از روش بیورت از طریق مخلوط کردن ۱میلی‌لیتر از نمونه با ۴ میلی‌لیتر معرف بیورت و سپس ۲۰ دقیقه قرار دادن در دمای اتاق و به کمک اسپکتروفتومتر (یو وی ۲۶۰۱، رای‌لی چین) تعیین گردید. جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۴۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. منحنی کالیبراسیون با استفاده از محلول سرم آلبومین گاوی[2]، در غلظت‌های صفر تا ۱۰ (میلی‌گرم/ میلی‌لیتر) در معرف بیورت با نسبت ۱ به ۴ رسم گردید.

ظرفیت جذب آب

ظرفیت جذب آب طبق روش فیضی و همکاران (۲۰۱۵) اندازه‌گیری گردید. ظرفیت جذب آب، ماکزیمم مقدار آبی است که یک گرم نمونه طی سانتریفوژ در g× ۲۰۶۰ به مدت ۱۰ دقیقه به صورت جذب شده باقی می ماند. در این آزمون تنها مقادیر کافی آب برای اشباع کردن نمونه و نه برای ایجاد فاز مایع افزوده شد. ظرفیت نگه داری آب از رابطه (۱) محاسبه شد.

(۱) وزن نمونه/ (وزن لوله سانتریفوژ +نمونه)− (وزن لوله سانتریفوژ+ رسوب پس از سانتریفوژ) = ظرفیت جذب آب

ظرفیت جذب چربی

ظرفیت پیوند با چربی نیز مطابق روش تقی‌زاده و همکاران (۲۰۱۶) با کمی تغییرات اندازه‌گیری گردید. به‌طوری که یک گرم نمونه آرد با ۱۰ میلی‌لیتر روغن ذرت (دانسیته ۰/۹۲ در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد) در یک لوله سانتریفوژ از قبل وزن شده به مدت ۱۰ دقیقه مخلوط شد. پس از سانتریفوژ کردن در g× ۲۰۶۰ به مدت ۳۰ دقیقه بخش مایع فوقانی دور ریخته شد و لوله ها به مدت چند دقیقه روی کاغذ صافی واژگون نگه داشته شدند. لوله مجدداً توزین گردید . ظرفیت جذب چربی مطابق معادله (۲) محاسبه شد.

(۲) وزن نمونه/ (وزن لوله سانتریفوژ +نمونه)− (وزن لوله سانتریفوژ+ رسوب پس از سانتریفوژ) = ظرفیت جذب چربی

تعیین حداقل غلظت ژل‌دهندگی

روش فیضی و همکاران (۲۰۱۵) با تغییرات جزئی برای تعیین ظرفیت ژل‌شدن در هر محلول استفاده شد. حداقل میزان غلظت ژل‌دهندگی غلظتی از نمونه هاست؛ که به هنگام واژگون شدن لوله‌های آزمایش پایین نمی افتد و یا نمی‌لغزد. لوله‌های آزمایش حاوی سوسپانسیون های ۶٪، ۸٪، ۱۰٪، ۱۲٪ و ۱۴ درصد (w/v) آرد چربی‌گیری شده و نشده ماشک گل‌خوشه ای درmL ۵ آب مقطر به مدت ۱ ساعت در آب جوش حرارت داده شدند. سپس با استفاده از آب سرد به سرعت سرد شدند. لوله‌ها به مدت ۲ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و سپس حداقل غلظت ژل‌دهندگی تعیین گردید.

ظرفیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون

ظرفیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون به روش مجذوبی و همکاران (۲۰۱۲) با اندکی تغییرات اندازه‌گیری شد؛ برای این منظور محلول ۲ درصد آرد در آب مقطر تهیه گردید و سپس به‌منظور بررسی اثر تغییرات pH بر ظرفیت امولسیون‌کنندگی آرد، pH درمقادیر ۳، ۴/۵، ۶ و۹ با استفاده از اسیدکلریدریک و یا سود ۰/۵ مولار تنظیم شد. پس از آن mL ۵ روغن آفتابگردان به محلول اضافه گردید و محلول حاصل در pH مورد نظر به مدت ۳ دقیقه با استفاده از دستگاه اولتراتوراکس (تی ۲۵ دیجیتال، آیکای آلمان) درrpm ۱۰۰۰۰ هموژن و ارتفاع کل محتویات امولسیون شده ثبت شد (H_0). امولسیون حاصل در g ×۱۱۰۰ به مدت ۵ دقیقه سانتریفوژ شد و دوباره ارتفاع لایه امولسیون باقیمانده ثبت شد (H_1). ظرفیت امولسیون‌کنندگی (EC) با استفاده از رابطه (۳) محاسبه گردید.

(۳) ۱۰۰× (H1/ H0)= درصد ظرفیت امولسیون‌کنندگی

همچنین برای محاسبه پایداری امولسیون، نمونه‌ها پس از هموژنیزاسیون با اولتراتوراکس و قبل از سانتریفوژ در زمان های ۳۰ و ۶۰ دقیقه در بن ماری با دمای۸۰ درجه سانتی‌گراد قرارگرفتند. بدین

1 Protein Solubility
2 Bovine serum albumin (BSA)

ترتیب پایداری امولسیون در هر pH با استفاده از رابطه (۴) اندازه‌گیری شد.

(۴) ۱۰۰× (ارتفاع لایه امولسیون قبل از حرارت/ ارتفاع لایه امولسیفیه بعد از حرارت)= درصد پایداری امولسیون

ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری کف

ظرفیت کف‌کنندگی با تهیه محلول ۲ درصد آرد در آب مقطر و بر اساس روش Adebowale و همکاران (۲۰۰۵) تعیین شد. به‌منظور بررسی اثر تغییرات pH بر ظرفیت کف‌کنندگی آرد، pH محلول با استفاده از اسیدکلریدریک ۰/۵ نرمال و یا هیدروکسیدسدیم ۰/۵ مولار، در مقادیر ۴/۵، ۶ و ۹ تنظیم شد. محلول حاصل در pH مورد نظر به‌مدت ۵ دقیقه توسط همزن مغناطیسی با دور ۳۶۰ rpm هم‌زده شد و سپس به فالکون یا استوانه مدرج منتقل گردید تاحجم محلول قبل از هم‌زدن اندازه‌گیری شود (V_0). محلول به مدت ۲ دقیقه با دستگاه اولتراتوراکس (تی ۲۵ دیجیتال، آیکیای، آلمان) با دور rpm ۱۰۰۰۰ هم‌زده شد و بلافاصله حجم کف ثبت شد (V_1). میزان ظرفیت کف‌کنندگی با استفاده از رابطه (۵) محاسبه گردید.

(۵) ۱۰۰× (V1/ V0)= درصد ظرفیت کف‌کنندگی

پایداری کف، به صورت میزان کاهش ارتفاع کف پس از ۳۰، ۶۰ و۹۰ دقیقه مخلوط کردن بررسی شد. برای این منظورحجم کف باقیمانده در زمان مورد نظر (V_2) ثبت گردید و پایداری کف با استفاده از رابطه (۶) زیر محاسبه شد.

(۶) ۱۰۰× (V2/ V1)= درصد پایداری کف

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

نتایج حاصل از آزمایشات مطابق با روش مقایسه دوتایی برای دو نوع آرد کامل و چربی‌گیری شده و برای بررسی اثر pH از طرح کاملا تصادفی در دو تکرار مورد استفاده قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح اطمینان ۹۵ درصد توسط نرم‌افزار SPSS 19 انجام شد. و برای رسم نمودارها از نرم فزار اکسل (Excel,2010) استفاده شد.

نتایج و بحث

خصوصیات فیزیکی دانه

تصویر دانه ماشک گل خوشه‌ای در شکل ۱ آورده شده است، همچنین نتایج اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی آن در جدول ۱ گزارش شده است. خواص فیزیکی و مکانیکی دانه‌ها نیز در طراحی فرآیندهای پس از برداشت اهمیت ویژه‌ای دارند. به‌عنوان مثال ابعاد و شکل دانه‌ها در انتخاب مش مناسب الک در فرایندهای جداسازی، تعیین سطح و حجم دانه‌ها در محاسبات مربوط به خشک کردن و طراحی سیلوها و مخازن نگهداری به‌کار می‌روند (رضوی و همکاران، ۲۰۰۹). ابعاد این دانه شامل طول، عرض و ضخامت به‌ترتیب معادل ۰/۲۱ ±۵/۴۰، ۰/۰۴ ±۵/۳۷ و ۰/۰۲ ±۵/۳۸ میلی‌متر بود که بیشتر از ابعاد ماشک معمولی و گاودانه می‌باشد (Taghizadeh *et al*, 2016 ؛ Yal-cin *et al*, 2009). قطر حسابی و هندسی محاسبه شده نیز از مقادیر مشابه در مورد لوبیای چیتی (Sadeghi *et al*, 2010) کمتر بود ولی نسبت به مقادیر گاودانه بزرگتر بود (تقی‌زاده و همکاران، ۲۰۱۶). سطح دانه‌های ماشک گل خوشه ای از میانگین مقادیر سطح دانه‌های ماشک معمولی و گاودانه بزرگتر بود (Taghizadeh *et al*, 2016 ؛ Yal-cin *et al*, 2009).



شکل۱- تصویر دانه ماشک گل خوشه‌ای

ضریب کرویت ماشک گل خوشه‌ای نزدیک به ۱ بود که نشان از کروی بودن این دانه دارد که میانگین آن از دانه ماشک معمولی بزرگتر بود (Yal-cin *et al*, 2004). جرم هزاردانه، این دانه نیز از مقادیر مشابه در مورد ماشک معمولی در رطوبت‌های ۱۰/۵۷ تا ۲۰/۶۳ درصد و نیز دانه گاودانه، بزرگتر بود (Taghizadeh *et al*, 2016 ؛ Yal-cin *et al*, 2009). دانسیته حقیقی، دانسیته توده و تخلخل به‌ترتیب در دامنه ۱۲۹۱– ۱۲۸۱ کیلوگرم بر متر مکعب، ۰/۸۰۱– ۰/۷۷۵ کیلوگرم بر متر مکعب و ۳۹/۶۰– ۳۷/۹ درصد بودند که تمامی این موارد از پارامترهای اندازه‌گیری شده برای دانه گاودانه کمتر بود (تقی‌زاده و همکاران، ۲۰۱۶).

ترکیب شیمیایی

ترکیب شیمیایی و پارامترهای رنگ آرد ماشک گل خوشه‌ای کامل و چربی‌گیری شده و سایر آردها در جدول ۲ نشان داده شده است. همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود بعد از چربی‌گیری از آرد ماشک گل خوشه‌ای میزان پروتئین، رطوبت، کربوهیدرات و خاکستر افزایش پیدا کرد و مقدار درصد پروتئین در آرد ماشک گل خوشه‌ای کامل (۲۸/۳ درصد) و آرد ماشک گل خوشه‌ای بدون چربی (۳۱/۲ درصد) محاسبه شد که با توجه به مقدار بالای پروتئین، آرد

حاصل و فرآورده‌های پروتئینی آن می‌توانند به‌عنوان جایگزین پروتئین‌های حیوانی مطرح باشند. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، این مقدار کمتر از مقادیر درصد پروتئین در آرد دانه‌های شنبلیله، سویا، عدس و ماراما (Shokrollahi ؛ Feyzi *et al*, 2013 ؛ Yanchechmeh *et al*, 2014 ؛ Maruatona *et al*, 2010). و بیشتر از مقادیر گزارش شده توسط Joshi و همکاران (۲۰۱۵) برای نخود و گاودانه (تقی‌زاده و همکاران، ۲۰۱۶) بود. همچنین مقدار درصد چربی در آرد ماشک گل خوشه‌ای بیشتر از مقادیر گزارش شده برای دانه‌های لوبیا قرمز، عدس، لوبیا چیتی در نتایج اسدپور و همکاران (۲۰۱۱) بود. البته نقش کیفیت پروتئین در ویژگی‌های عملکردی بالاتر از کمیت آن است و میزان بالای پروتئین دلیل بر بهتر بودن ویژگی‌های عملکردی آن نیست بلکه به سایر ترکیبات موجود در نمونه نظیر چربی، کربوهیدرات و غیره نیز وابسته است. علاوه بر این کیفیت و آرایش فضایی پروتئین و میزان اسیدهای آمینه آب‌دوست و آب‌گریز از شاخص‌های اصلی در تعیین ویژگی‌های عملکردی می‌باشند (Asadpour *et al*, 2011; Boye et al., 2010).

بررسی پارامترهای رنگ

یکی از پارامترهای مهم در مورد آرد و فرآورده‌های پروتئینی نظیر کنسانتره و ایزوله پروتئینی، رنگ آنها می‌باشد. پارامتر L* نشان‌دهنده درجه روشنی می‌باشد و مقادیر صفر تا ۱۰۰ را می‌تواند به خود اختصاص دهد، هر قدر میزان L* بیشتر باشد نشان‌دهنده روشن‌تر بودن رنگ است (Kaur *et al*, 2010; Hesarinejad *et al*., 2017). با توجه به مقادیر گزارش شده در جدول ۲ مولفه L* آرد بعد از چربی‌گیری بیشتر است که نشان‌دهنده روشن‌تر بودن این آرد در صورت چربی‌گیری می‌باشد، که احتمالا به دلیل حذف پوسته دانه‌ها در مرحله حذف حلال چربی‌گیری می‌باشد زیرا پوسته حاوی قسمت عمده خاکستر و رنگدانه‌ها می باشند که با حذف این قسمت رنگ آرد روشن‌تر می‌شود. همچنین با چربی‌گیری آرد مولفه‌های a* وb* آرد کاهش می‌یابد، علت این پدیده را می‌توان خروج بخشی از رنگدانه‌های محلول در چربی در حین فرآیند چربی‌گیری بیان کرد (فیضی و همکاران، ۲۰۱۳). این یافته‌ها مشابه نتایج بیان شده توسط Joshi و همکاران (۲۰۱۵) در رابطه با آرد نخود کامل و چربی‌گیری شده بود. همچنین در جدول ۲ مؤلفه‌های رنگی آرد برخی دانه‌ها گزارش شده است که با مقایسه نتایج حاصل از این پژوهش با مقادیر گزارش شده می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که آرد ماشک گل خوشه‌ای قبل از چربی‌گیری از نظر روشنایی (L*) مشابه آرد نخود و آرد سویای کامل بود، از آرد شنبلیله روشن‌تر اما از آرد عدس و آرد ماراما درجه روشنایی کمتری داشت. از نظر پارامتر (a*) آردکامل حاصل از این دانه دارای رنگ قرمز و تقریبا مشابه مقدار گزارش شده برای آرد گاودانه بود که با توجه به ظاهر قرمز رنگ مغز دانه دور از انتظار نیست. از نظر پارامتر (b*) نیز دارای رنگ زرد مشابه مقدار گزارش شده آرد نخود بود. می‌توان دلیل این تفاوت‌ها را در بین آردهای مختلف به میزان و نوع ترکیبات تشکیل‌دهنده (چربی، پروتئین، نشاسته) و همین‌طور نوع رنگدانه‌های موجود در این آردها نسبت داد. آردهایی که تا حدی باعث ایجاد رنگ قهوه‌ای شوند به‌منظور کاربرد در نان ها و کیک‌ها مطلوب هستند و آردهایی که به بی‌رنگ شدن محصول کمک کنند در برخی نان‌ها قابل کاربرد هستند (Feyzi *et al*, 2013). بر این اساس می‌توان از آرد ماشک گل خوشه‌ای در برخی نان‌ها که رنگ روشن‌تری در آنها مطلوب است، استفاده نمود.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و مکانیکی دانه ماشک گل خوشه‌ای

ویژگی	تعداد تکرار	میانگین
طول (میلی‌متر)	۱۰۰	۵/۴۰۰±۰/۱۲
عرض (میلی‌متر)	۱۰۰	۵/۳۷۰±۰/۱۸
ارتفاع (میلی‌متر)	۱۰۰	۵/۳۸۰±۰/۱
میانگین حسابی قطر(میلی‌متر)	۱۰۰	۵/۳۸۳±۰/۱۸
میانگین هندسی قطر(میلی‌متر)	۱۰۰	۵/۳۸۳±۰/۲۲
ضریب کرویت	۱۰۰	۰/۹۹۷±۰/۳۱
سطح (میلی‌متر مربع)	۱۰۰	۹۰/۹۸۷±۰/۱۵
جرم هزار دانه (گرم)	۳	۷۶/۵۰۰±۰/۱۴
دانسیته حقیقی (کیلوگرم بر متر مکعب)	۳	۱۲۸۶/۳۰۰±۰/۰۹
دانسیته توده (کیلوگرم بر متر مکعب)	۳	۷۸۸/۸±۰/۱
تخلخل (درصد)	۳	۳۸/۶۷±۰/۰۳

جدول۲- درصد ترکیبات شیمیایی و پارامتر های رنگ (*L* ،a*،b) آرد ماشک گل خوشه‌ای قبل و بعد از چربی‌گیری و آردهای مختلف

نوع آرد	پروتئین	رطوبت	چربی	خاکستر	کربوهیدرات	L*	a*	b*	منبع
آرد ماشک گل خوشه‌ای کامل	۲۸/۳±۰/۰۹[a]	۷/۲۱±۰/۲۱[a]	۸/۲±۰/۱۵[b]	۳/۵۲±۰/۲۵[a]	۵۲/۷۷±۰/۱۸[a]	۸۷/۳۲[a]	۱/۸۲[b]	۱۹/۴۳[b]	مطالعه اخیر
آرد ماشک گل خوشه‌ای چربی گیری شده	۳۱/۲±۰/۲۵[b]	۷/۶۵±۰/۲۶[a]	۱/۹۲±۰/۲۰[a]	۳/۷۷±۰/۱۹[a]	۵۵/۶۴±۰/۱۲[b]	۹۰/۱۲[b]	۰/۱۱[a]	۹/۲۱[a]	مطالعه اخیر
آرد عدس	۳۱/۰۲	۱۰/۵۲	۵/۴۳	۱/۴۸	–	۹/۱۴	۱/۱۵	۸/۴	شکراللهی یانچشمه و همکاران، ۲۰۱۴
آرد سویا کامل	۵۴/۹۴	۵/۳۳	۲۱/۹۵	۵/۱۴	۲۳/۱۰	۸۷/۲۶	−۰/۳۳	۲۲/۸۱	فیضی و همکاران، ۲۰۱۳
سویا چربی‌گیری شده	۶۶/۰۲	۵/۳۴	۷/۱۳	۶/۱۰	۲۶/۸۵	۹۱/۷۵	−۰/۰۴	۱۶/۳۸	فیضی و همکاران، ۲۰۱۳
آرد نخود	۱۴/۶۳	۹/۱۵	۳/۹۸	۱/۶۳	۷۹/۷۵	۸۶/۳	۲/۹۶	۱۹/۸۷	Joshi *et al*, 2015
آرد کامل شنبلیله	۳۴/۷	۷/۳۳	۵/۷۶	۵/۱۷	۵۹/۵۳	۷۸/۹۱	−۱/۰۷	۲۹/۸۳	فیضی و همکاران، ۲۰۱۳
آرد چربی‌گیری شده شنبلیله	۵۱/۴۰	۶/۶۷	۱/۲۴	۴/۰۷	۴۷/۳۵	۸۹/۳۵	−۳/۳۹	۲۳/۷۹	فیضی و همکاران، ۲۰۱۳
آرد ماراما	۵۲/۷	۶/۷۲	۷	۵/۱	۳۵/۲	۹۶/۵	۴/۸	۲/۳	Maruatona et al, 2010
آرد گاودانه	۹۸/۱۶	۵۳/۱۲	۱۲/۲۴	۳۳/۱۶	۶۱/۰	۸۸/۲	۲/۱۲	۲۲/۲	تقی‌زاده و همکاران، ۲۰۱۶

جدول ۳- خصوصیات عملکردی آرد ماشک گل خوشه‌ای قبل و بعد از چربی‌گیری

نمونه	اندیس حلالیت (درصد)	حلالیت پروتئین (mg/ml)	ظرفیت امولسیون کنندگی (درصد)	پایداری امولسیون (درصد)	ظرفیت کف کنندگی (درصد)	پایداری کف (درصد)	حداقل غلظت ژل دهندگی (درصد)
آرد ماشک گل خوشه‌ای کامل	۵/۹۱±۰/۰۴[a]	۲/۸۶±۰/۰۳[a]	۳۵/۶±۰/۲[a]	۲۵/۱±۰/۴[a]	۸۷±۱[a]	۳۷/۹±۰/۸[a]	۱۲±۰/۵[a]
آرد ماشک گل خوشه‌ای چربی‌گیری شده	۷/۲۴±۰/۰۸[b]	۴/۰۳±۰/۰۱[b]	۴۸/۳±۱/۰۸[b]	۴۴/۲±۰/۲۸[b]	۱۱۵±۱[b]	۵۷/۴±۱/۱[b]	۱۴±۰/۵[b]

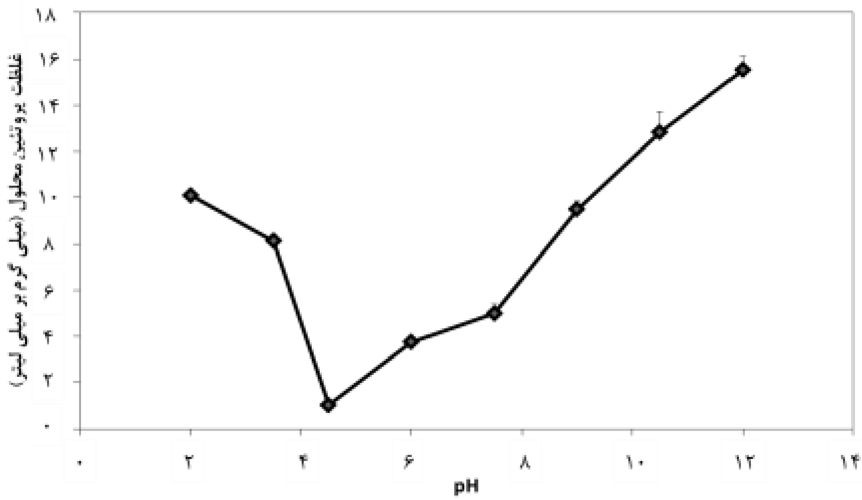
اندیس حلالیت آرد

هرقدر میزان حلالیت آرد بیشتر باشد، قابلیت تلفیق و ادغام آن با مواد غذایی بیشتر و راحت‌تر و ارزش غذایی آن‌ها نیز بیشتر خواهد شد، ولی تا حدی قابلیت تشکیل ژل، چسبندگی و امولسیون‌کنندگی آن کمتر می‌گردد (Singh *et al*, 2008). اختلاف در میزان حلالیت آردهای مختلف می‌تواند به دلیل تفاوت ترکیب شیمیایی آن‌ها باشد. وجود چربی می‌تواند تا حد زیادی بر میزان اندیس حلالیت تاثیر گذارد (Ravaghi *et al*, 2010). دلایل دیگری نظیر تفاوت در تعادل گروه‌های جانبی هیدروفیل و هیدروفوب (به‌خصوص در اسیدآمینه‌های سطحی پروتئین) و نیز دناتوراسیون پروتئین که بر تعادل گفته شده اثر

می‌گذارد؛ می‌تواند بر اختلاف در حلالیت آردهای مختلف اثر داشته باشد گردد (Adebowale *et al*, 2004) در مورد اندیس حلالیت تفاوت معنی‌داری بین آرد کامل و آرد چربی‌گیری شده مشاهد شد (P<0.05). به‌طوریکه اندیس حلالیت آرد ماشک گل خوشه‌ای کامل و بدون چربی به‌ترتیب ۵/۹۱ و ۷/۲۴ درصد به‌دست آمد. علت این اختلاف را می‌توان تفاوت در میزان چربی دو نمونه در نظر گرفت که در نهایت بر میزان حلالیت و پخش‌پذیری دو نوع آرد اثر می‌گذارد. آردها، کنسانتره‌ها و ایزوله‌های پروتئینی که دارای قابلیت حلالیت بالایی هستند به‌منظور استفاده در نوشیدنی‌ها مناسب می‌باشند (Kinsella, 1979).

میزان حلالیت پروتئین آرد

در بین ویژگی‌های عملکردی مختلف، حلالیت پروتئین در شرایط گوناگون از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. دلیل این اهمیت، تأثیرگذاری حلالیت آرد و پروتئین آن بر سایر خواص عملکردی می‌باشد (فیضی و همکاران، ۲۰۱۳). از طریق این اثرگذاری، پروتئین می‌تواند ویژگی قابل توجه دیگری همانند ایجاد طعم، عطر و بافت مطلوب و ارزش غذایی را به همراه داشته باشد (Kinsella, 1982).



شکل ۲- تاثیر مقادیر مختلف pH بر روی حلالیت پروتئین آرد ماشک گل خوشه‌ای

نتایج حاصل نشان داد چربی‌گیری تاثیر معنی‌داری بر مقدار حلالیت پروتئین دارد به‌گونه‌ای که حلالیت پروتئین در آرد کامل ماشک گل خوشه‌ای و بدون چربی به‌ترتیب ۰/۲۳ ±۲/۸۶ و ۰/۳۸ ±۴/۰۳ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر به‌دست امد. این مقادیر از مقدار گزارش شده برای آرد شنبلیله (۶/۹۸) کمتر و از آرد سویا (۱/۷) بیشتر بود (فیضی و همکاران، ۲۰۱۳). شکل۲ حلالیت پروتئین آرد ماشک گل خوشه‌ای را در مقادیرpH=۲-۱۲، نشان می‌دهد. همانطور که مشخص است حلالیت پروتئین آرد مورد بررسی در این پژوهش، کاملا وابسته به تغییرات pH می‌باشد. در نقطه ایزوالکتریک pH=۴/۵، حداقل حلالیت پروتئین‌های موجود نشان داده شده است، Gupta و همکاران، (۲۰۰۸) دلیل کاهش حلالیت در نقطه ایزوالکتریک را کاهش نیروی دافعه در بین اسیدهای آمینه تشکیل دهنده پروتئین و توازن بین یون‌های مثبت و منفی و در نتیجه کاهش نیروی دافعه الکترواستاتیک و کاهش حلالیت پروتئین بیان کردند. نتایج به‌دست آمده در مورد نقطه ایزوالکتریک درpH=۴/۵، با اکثر مقالات مورد مطالعه یکسان است به‌طوری که در بیشتر آنها pH ایزوالکتریک ایزوله‌های پروتئینی، کنسانتره های پروتئینی و آرد حبوبات وبرخی غلات را pH=۴-۵ ذکر کرده‌اند (Adebowale *et al*, 2005 ؛ Adebowale *et al*, 2003 ؛ Gupta *et al*, 2008). نکته قابل ملاحظه دیگر که با نتایج به دست آمده در اکثر مقالات مطابقت دارد، با افزایش یا کاهش pH از نقطه ایزوالکتریک، دافعه الکترواستاتیک زیاد شده و در نتیجه حلالیت افزایش می‌یابد. همچنین در این حالت میزان زنجیره‌های جانبی آب‌گریز کاهش یافته و آب‌گیری یونی به‌ویژه در مقادیر بالاتر pH افزایش می‌یابد (Damodaran, 1997). در مورد آردها احتمالا pHهای قلیایی در افزایش گروه‌های هیدروفیل باردار (یونیزه شونده) در سطح پروتئین مؤثرتر از pHهای اسیدی عمل کرده‌اند. این یافته‌ها مشابه نتایج بیان شده توسط محققان مختلف است (Feyzi *et al*, 2013; Taghizadeh *et al*, 2016 ؛ Asadpour *et al*, 2011؛ Gupta *et al*, 2008 ؛ Kaur *et al*, 2007).

ظرفیت جذب آب و روغن

جذب آب را باید مهم‌ترین خصوصیت فیزیکی آردها دانست. این پدیده نه تنها بر ساختمان فیزیکی و خصوصیات ماده غذایی حاوی

پروتئین (مثل خشک شدن) تأثیر می‌گذارد، بلکه بر روی فساد ماده غذایی نیز به دلیل اثر بر میزان فعالیت آبی حائز اهمیت است (بخشی مقدم و همکاران، ۲۰۱۳). ظرفیت نگهداری آب تابعی از میزان پروتئین و فیبر (Kinsella, 1979)، آرایش فضایی پروتئین، میزان آبدوستی و آبگریزی پروتئین و همچنین حضور کربوهیدرات‌های آبدوست می‌باشد (Seena *et al*, 2005). در این پژوهش ظرفیت جذب آب آرد کامل و بدون چربی ماشک گل خوشه‌ای به‌ترتیب ۴/۴۰±۱۳۲/۹۵و۶/۷۴ ±۱۹۳/۶۹درصد می‌باشد که از آرد کامل سایر حبوبات شامل عدس (۱۱۸/۱۱ درصد)، لوبیا چیتی (۱۰۷/۰۹ درصد) و نخود به میزان (۸۰/۵۶ درصد) بیشتر بود و ظرفیت جذب آب آرد کامل، لوبیا قرمز (۱۴۶/۱۵ درصد) کمتر می‌باشد. تفاوت در میزان ظرفیت نگهداری آب در حبوبات مختلف به اختلاف در ساختار پروتئینی آنها مربوط می‌شود. در جدول ۴ مقادیر جذب آب و چربی در آرد دانه‌های مختلف قابل مشاهده است؛ همانطور که از جدول استنباط می‌شود، مقدار جذب آب و جذب چربی آرد دانه‌های کامل از آرد چربی‌گیری شده کمتر است. بر اساس نظریه Adebowale و همکاران (۲۰۰۵) با افزایش میزان چربی در نمونه، جذب آب کاهش می‌یابد زیرا وجود چربی در نمونه باعث کاهش بخش‌های در دسترس برای اتصال گروه‌های هیدروفیل با آب می‌باشد ، بنابراین با حذف چربی از آرد حبوبات، خاصیت جذب آب افزایش می‌یابد. Kaur و Singh (۲۰۰۷) نشان دادند که هرچه میزان چربی آرد بالاتر باشد، ظرفیت جذب آب کاهش می یابد. Raghab و همکاران (۲۰۰۴) وجود فیبر خام را نیز به‌عنوان عامل جذب آب موثر می دانند.

جدول٤- ظرفیت جذب آب و روغن آرد ماشک گل خوشه‌ای قبل و بعد از چربی‌گیری و آردهای مختلف (Joshi *et al*, 2015)

نوع آرد	ظرفیت جذب روغن (g/100 g)		ظرفیت جذب آب (g/100 g)	
	آرد کامل	آرد چربی‌گیری شده	آرد کامل	آرد چربی‌گیری شده
ماشک گل خوشه‌ای	۰/۸۵±۰/۰۷ [a]	۱/۱۹±۰/۱ [b]	۱/۳۳±۰/۴ [a]	۱/۹۴±۰/۲ [b]
نخود	۰/۹۴±۰/۰۱	۱/۱۹±۰/۰۹	۲/۳۰±۰/۰۷	۲/۵۴±۰/۰۸
برنج	۰/۷۵±۰/۰۱	۱/۱۰±۰/۰۶	۱/۲۶±۰/۰۶	۱/۵۴±۰/۰۰
گندم	۱/۰۵±۰/۱۲	۱/۲۶±۰/۱۵	۱/۸۵±۰/۱۸	۱/۹۲±۰/۰۰
ارزن	۰/۸۶±۰/۰۰	۱/۰۰±۰/۱۲	۱/۴۱±۰/۱۳	۱/۴۸±۰/۰۰

Joshi و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند چربی‌گیری از آرد دانه‌ها موجب حذف فیلم روغنی از ذرات آرد و در نتیجه هیدراتاسیون بهتر مولکول‌های قطبی موجود در آرد می‌شود و همچنین موجب قرارگیری بهتر مولکول‌های آب در بین اجزای آرد و اتصال بهتر اجزای آرد (پروتئین‌ها، نمک‌ها، فیبر) می‌شود و در نتیجه بهبود ظرفیت نگهداری آب را خواهیم داشت. کاربرد اکثر آردها به میزان زیادی به برهمکنش آرد با آب بستگی دارد زیرا، اولین مرحله برای ایجاد خواص عملکردی مناسب در هر سیستم غذایی به برهمکنش این مواد با آب در فرآیند آبگیری وابسته است، در نتیجه، ظرفیت جذب آب آردها نقش اساسی در فرآیندهای آماده‌سازی مواد غذایی ایفا می‌نماید. کاهش ظرفیت نگهداری آب باعث افزایش هدر رفتن مواد مغذی ناشی از پخت و خارج شدن شیرابه هنگام رفع انجماد می‌شود. تغییرات ظرفیت نگهداری آب ممکن است در ارزیابی اثر فرآیند روی ساختار پروتئین و روی کیفیت مواد غذایی استفاده شود.

مکانیسم جذب روغن، به دلیل اتصالات فیزیکی روغن با اجزاء پروتئینی و میل ترکیبی زنجیره پروتئین های غیرقطبی برای اتصال با چربی می‌باشد (Mao *et al*, 2012؛ Kinsella , 1979). اتصال چربی در واقع توانایی پروتئین‌ها برای جذب و حفظ آب و چربی می‌باشد و در غذاهایی نظیر فرآورده‌های گوشتی، خمیر شیرینی‌ها و سوپ‌ها به‌عنوان یک فاکتور با اهمیت محسوب می‌شود (فیضی و همکاران، ۲۰۱۳). بسیاری از پژوهشگران میزان جذب روغن را به‌عنوان محبوس کردن فیزیکی روغن عنوان نموده‌اند و آن را به زنجیره‌های غیرقطبی پروتئین که ممکن است با زنجیره‌های جانبی هیدروکربنی روغن پیوند برقرار کنند و همچنین به شکل فضایی پروتئین نسبت می‌دهند. در نتیجه اختلاف بین این عوامل را در مواد غذایی مختلف نظیر حبوبات با اختلاف در اعداد به‌دست آمده در جذب روغن پیشنهاد می‌کنند (Kaur *et al*, 2007). باید توجه داشت که بین ویژگی جذب روغن و خاصیت امولسیون‌کنندگی در آرد (پروتئین) حبوبات تفاوت تکنیکی وجود دارد به عبارت دیگر جذب روغن بیشتر یک پدیده فیزیکی است؛ به‌طوری که ترکیبات و بیوپلیمرهای موجود در نمونه باعث محبوس شدن و به دام افتادن قطرات روغن در داخل خود می‌شوند، اما ویژگی امولسیون‌کنندگی یک پدیده فیزیکی و شیمیایی است و از طریق پیوندهای شیمیایی مختلف مانند پیوند واندروالسی، یونی، قطبی و ... فاز روغن در فاز آب توسط بیوپلیمرهای چربی دوست، آبدوست (اکثراً پروتئین‌ها) درگیر می‌شود (اسدپور و همکاران، ۲۰۱۰). ظرفیت جذب چربی آرد کامل و بدون چربی مورد

بررسی به‌ترتیب ۱/۰۸ ± ۸۵/۰۷ و۰/۳۰ ± ۱۱۹/۵۱درصد می‌باشد. همان‌طور که در جدول۴ نشان داده شده است، ظرفیت جذب چربی آرد کامل کمتر از آرد چربی‌گیری شده می‌باشد. به‌لحاظ تئوری محصولات آرد بدون چربی دارای تمام جایگاه‌های باندکردن برای جذب چربی هستند در حالی که حضور چربی این جایگاه‌ها را بلوکه کرده و ظرفیت باند کردن چربی را کاهش می‌دهد (اسدپور و همکاران، ۲۰۱۰)؛ از این رو افزایش میزان چربی در نمونه‌های آرد کامل از ظرفیت باندکردن چربی می‌کاهد. ظرفیت جذب چربی در آرد کامل حبوباتی همچون لوبیای قرمز (۹۲/۱۰ درصد) و نخود (۹۰/۲ درصد) (اسدپور و همکاران، ۲۰۱۰)، آرد نخود (۹۸- ۹۶درصد) (Kaur et al., 2007) بیشتر و عدس با ۸۰/۴۵ درصد کمتر از آرد کامل ماشک گل خوشه‌ای بود.

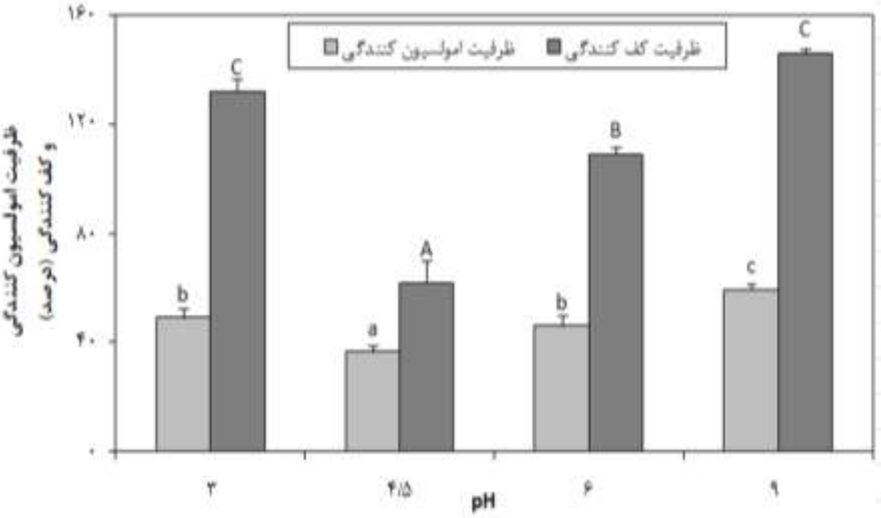
تعیین حداقل غلظت ژل‌دهندگی

نتایج حداقل غلظت ژل‌دهندگی دو نوع آرد در جدول ۴ مشاهده می‌شود. کم بودن حداقل غلظت ژل‌دهندگی نشان‌دهنده بالاتر بودن توانایی ژل شدن پروتئین ترکیب است (Akintayo, *et al*, 1999). ژل‌های پروتئینی از طریق واکنش‌های بین ملکولی تشکیل می‌شوند که یک ساختار مستحکم، پیوسته و شبکه‌ای سه‌بعدی را به نمایش می‌گذارند. ژله‌ای شدن پروتئین‌ها می‌تواند از طریق شیمیایی، فیزیکی (مانند حرارت) و آنزیمی تشدید شود که در این تحقیق از طریق حرارت دادن واکنش‌های ژله‌ای شدن تحریک شدند (Adebowale *et al*, 2004). در این پژوهش حداقل غلظت ژل‌دهندگی، برای آرد کامل ماشک گل خوشه‌ای ۱۴ درصد و برای آرد چربی‌گیری شده آن برابر ۱۲ درصد می‌باشد. این اختلاف به دلیل تفاوت در نسبت ترکیبات مختلف شامل پروتئین، کربوهیدرات و لیپید می باشد (Sathe *et al*, 1981) این مقدار کمتر از مقادیری است که برای بادام زمینی بامبارا (۱۲٪ w/v)، لوبیا چشم بلبلی (۱۶٪ w/v)، لوبیا قرمز (۱۴٪ w/v) (Aremo *et al*, 2007) گزارش شده است.

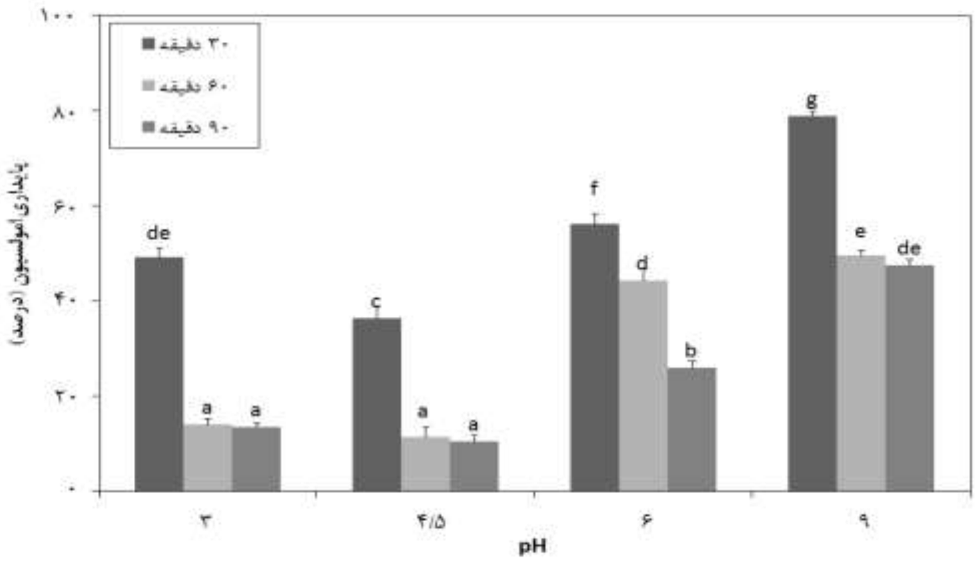
ظرفیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون

ویژگی امولسیون‌کنندگی پدیده‌ای فیزیکوشیمیایی است که از طریق تشکیل پیوندهای شیمیایی مختلف مانند پیوند واندروالسی، یونی، قطبی- قطبی و غیره فاز روغن در فاز آب توسط درشت مولکول‌های چربی دوست- آبدوست صورت می‌گیرد. چربی موجود، مکان‌هایی که برای باند کردن مواد آب گریز در دسترس است را بلوکه می‌کند، این امر باعث کاهش آبدوستی سطحی می‌شود که به‌طور معمول برای تشکیل امولسیون امری ضروری است (کوچکی و حصاری‌نژاد، ۲۰۱۷؛ Oladele *et al*., 2007). ظرفیت امولسیون‌کنندگی آرد کامل و بدون چربی ماشک گل خوشه‌ای همان‌طور که در جدول ۳ گزارش شده است به‌ترتیب برابر۳۵/۶ و ۴۸/۳ درصد، همچنین پایداری امولسیون حاصل بعد از ۳۰ دقیقه برای آرد کامل و بدون چربی این پژوهش به‌ترتیب برابر ۲۵/۱ و ۴۴/۲ درصد محاسبه گردید. در مورد آرد کامل می‌توان دلیل پایین بودن ظرفیت امولسیون‌کنندگی را به بالا بودن چربی آن (۸/۲ درصد) نسبت داد؛ به این دلیل که در آرد کامل قسمتی از ظرفیت امولسیون‌کنندگی آن توسط چربی اشباع گردیده است و لذا ظرفیت پذیرش روغن اضافی آن کمتر از آرد چربی‌گیری شده است. اسدپور و همکاران (۲۰۱۱) نیز گزارش کردند مقدار ظرفیت امولسیون‌کنندگی آردهای لوبیا چیتی برابر ۲۵/۸۳، لوبیا قرمز برابر ۲۳/۱۰، عدس برابر ۲۰/۱۲ و نخود برابر ۱۹/۴۶ درصد می‌باشد و دلیل پایین بودن ظرفیت امولسیون‌کنندگی آرد عدس و نخود را به میزان بالای چربی در این آردها نسبت داده‌اند (اسدپور و همکاران، ۲۰۱۱). پروتئین می تواند توسط کاهش کشش سطحی قطره‌های روغن و فراهم کردن دافعه الکتروستاتیکی بر سطح قطره روغن، امولسیون را تشکیل داده و سبب پایداری آن شود. نتایج تحقیقات محققان نشان داده است که خواص امولسیون‌کنندگی تابع حلالیت پروتئین است، بنابراین طبیعی است که pH با اثر بر حلالیت پروتئین، بر خواص امولسیون‌کنندگی آرد تأثیرگذار باشد. بار خالص درلایه بین سطحی آب دوست- چربی دوست به pH محلول وابسته است و ممکن است فعالیت امولسیون‌کنندگی پروتئین را کاهش و یا افزایش دهد. اختلاف در ظرفیت امولسیون‌کنندگی آردها در برابر pH ممکن است به دلیل بر همکنش ترکیبات دیگر آرد نظیر کربوهیدرات با پروتئین، بین کربوهیدرات با کربوهیدرات، بین کربوهیدرات و پروتئین با سایر ترکیبات نظیر فیبر، سلولز و خاکستر باشد که بر روی این خاصیت تأثیر می‌گذارند (Oladele *et al*, 2007). بررسی آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد اثر ۴ سطح مختلف درpH بر ظرفیت امولسیون‌کنندگی نمونه‌ها معنی‌دار است (P<0.05). در شکل۳، تاثیر pH بر میزان امولسیون‌کنندگی آرد کامل ماشک گل خوشه‌ای نشان داده شد که در pH= ۴/۵ ظرفیت امولسیون‌کنندگی به دلیل نزدیک شدن به نقطه ایزوالکتریک کاهش می‌یابد، کاهش حلالیت منجر به کاهش سرعت مهاجرت پروتئین به سمت لایه بین سطحی آب و روغن شده و میزان جذب پروتئین در لایه بین سطحی کاهش می‌یابد. به همین دلیل با کاهش غلظت پروتئین در لایه بین سطحی فعالیت امولسیون‌کنندگی کاهش می‌یابد (Piornos *et al*, 2015). این مشاهده با نتایج El-Nasri و El-Tinay (۲۰۰۷) در مورد ایزوله پروتئین شنبلیله، Lawal و همکاران (۲۰۰۴) درمورد ایزوله پروتئین لوبیای لوکاس و اسدپور و همکاران (۲۰۱۱) در مورد آرد حبوبات مختلف همخوانی داشت. با دور شدن از نقطه ایزوالکتریک و افزایش حلالیت نمونه ها میزان امولسیون تولیدی نیز افزایش می‌یابد (Ragab *et al*, 2004). در حالی که در pH= ۹ بیشترین میزان

ظرفیت امولسیون به دلیل حلالیت بالای پروتئین مشاهده شد. Adebowale و همکاران (۲۰۰۵) به این نتیجه رسیدند که ظرفیت امولسیون آرد بامبارا گرندنات در pH ایزوالکتریک کمترین مقدار را دارد و دلیل آن را تجمع و عدم پایداری غشای بین سطحی عنوان نموده‌اند، که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.



شکل۳- تاثیر مقادیر مختلف pH بر ظرفیت امولسیون کنندگی و کف کنندگی آرد ماشک گل خوشه‌ای



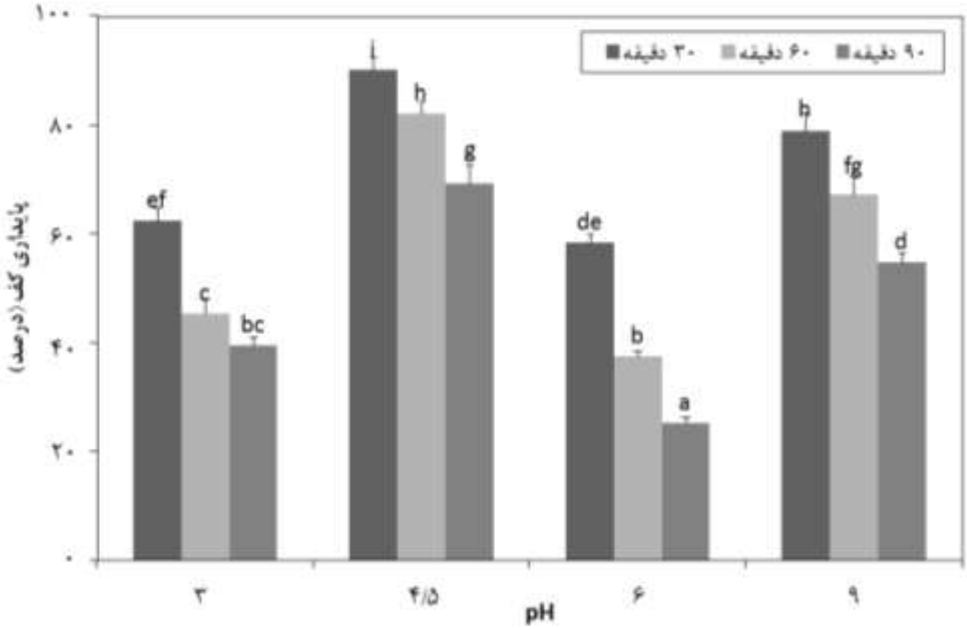
شکل٤- تاثیر مقادیر مختلف pH و زمان بر پایداری امولسیون آرد ماشک گل خوشه‌ای

همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود با گذشت زمان، پایداری امولسیون کاهش می‌یابد که علت این کاهش می‌تواند بهم پیوستن ذرات فاز پراکنده (قطرات روغن) در طی زمان باشد. با توجه به شکل۴ بیشترین پایداری در ۹ =pH مشاهده شد،که ممکن است به دلیل میزان بیشتر پروتئین‌های محلول باشد که می‌توانند از طریق تشکیل لایه‌هایی پایدار و همچنین توازن میان برهمکنش‌های واندروالسی و دافعه نیروهای الکترواستاتیکی در پایداری امولسیون مؤثر باشند. در حالیکه در ۴/۵ =pH که برابر pH ایزوالکتریک است نیروهای دافعه پروتئین ضعیف می‌باشند و ذرات امولسیون تمایل به بهم پیوستگی و انعقاد دارند، بنابراین امولسیون پایداری ضعیفی ایجاد می‌کند. Lawal (۲۰۰۴) و فیضی و همکاران (۲۰۱۳) نیز بیان کردند کمترین پایداری امولسیون در نقطه pI می‌باشد. علت احتمالی کاهش پایداری امولسیون در pI را کاهش بیش از اندازه نیروهای دافعه در این pH و درنتیجه تشدید اتصال، تجمع و نهایتا لخته شدن مولکول‌های پروتئین بیان داشت. ارتباط بین پایداری امولسیون و pH مانند رابطه

بین حلالیت پروتئین و pH می‌باشد که با نتایج مطالعات Raghab و همکاران (2003) و تقی‌زاده و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت داشت.

ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری کف

کف در موادغذایی شامل پراکندگی حباب‌های گاز در داخل یک فاز مایع و یا یک فاز نیمه جامد پیوسته است. خاصیت کف‌کنندگی به‌عنوان درصد افزایش حجم ناشی از زدن تعریف می‌گردد و معمولا در ایجاد خصوصیات رئولوژیکی مطلوب در موادغذایی نظیر بافت نان، کیک، خامه‌زده شده و بستنی نقش اساسی دارد (Oladele *et al*, 2007). پروتئین‌ها با دارا بودن ترکیبات فعال سطحی موجب تولید کف در آردها شده و همچنین پروتئین‌های محلول باعث کاهش کشش سطحی در فضای بین سطحی حباب‌های هوا و مایع احاطه شده می‌شوند. تولید فیلم‌های پروتئینی چندلایه، باعث شده انعطاف‌پذیری سطح هوا- آب افزایش یابد، در نتیجه شکست حباب‌های هوا سخت شده و کف مستحکم‌تری تشکیل می‌شود. با روغن‌گیری میزان حلالیت پروتئین افزایش می‌یابد که سبب افزایش تشکیل کف می‌شود (Ghodsvali *et al*, 2005). مقایسه میانگین نتایج آزمون کف‌کنندگی نشان داد که آردهای تحت آزمون تفاوت معنی‌داری از نظر کف‌کنندگی داشتند (P<0.05). ظرفیت کف‌کنندگی اندازه‌گیری بیشترین کف تولید شده توسط یک محلول است در حالی که پایداری کف مقاومت کف نسبت به از بین رفتن کف را نشان می‌دهد. حضور چربی به‌طور معنی‌داری ظرفیت و پایداری کف را کاهش می‌دهد. لیپیدها در مقایسه با پروتئین‌ها با سرعت بیشتری جذب سطح مشترک هوا -آب می‌شوند و از جذب سطحی پروتئین‌ها حین تولید کف جلوگیری می‌کنند. از آن‌جا که فیلم لیپیدی تولیدی فاقد خصوصیات ویسکوالاستیک و چسبندگی مورد نیاز برای تحمل فشار داخلی حباب کف است، حباب‌های بزرگی ایجاد می‌شود که حین فرآیند ایجاد کف به سرعت از بین می‌روند. این امر دلیل احتمالی کاهش معنی‌دار خصوصیات کف‌کنندگی با افزایش محتوای چربی است (Oladele *et al*, 2007). ظرفیت کف‌کنندگی آرد کامل و بدون چربی ماشک گل خوشه‌ای همان‌طور که در جدول ۳ گزارش شده است به‌ترتیب ۸۷ و ۱۱۵ درصد همچنین پایداری کف حاصل بعد از ۳۰ دقیقه برای آرد کامل و بدون چربی این پژوهش به‌ترتیب ۳۷/۹ و ۵۷/۴ درصد محاسبه گردید. میزان بالای کف و پایداری کف حاصل از آرد چربی‌گیری شده را می‌توان به دلیل ساختار پروتئین و پایین بودن میزان چربی در آن نسبت داد. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که میزان کف‌کنندگی آرد کامل و بدون چربی مورد بررسی در این تحقیق از میزان کف حبوبات مورد بررسی توسط اسدپور و همکاران (۲۰۱۱) بر روی آرد حبوبات لوبیا قرمز با ۶۸ درصد، لوبیا چیتی ۶۴/۵ درصد، عدس ۴۷ درصد و نخود ۳۵/۵ درصد بیشتر بوده است. می‌توان وجود اختلاف در میزان کف‌کنندگی حبوبات مختلف را به مقدار و نوع پروتئین‌های محلول در آن‌ها و همچنین میزان لیپیدهای قطبی و غیرقطبی موجود در آن‌ها نسبت داد. به عبارت دیگر قابلیت کف‌کنندگی مناسب بستگی به وجود مولکول‌های پروتئین انعطاف‌پذیری دارد که قادرند کشش سطحی را کاهش دهند، در حالی که قابلیت کف‌کنندگی ضعیف به پروتئین‌های کروی مربوط می‌شود که به‌طور خیلی منظم قرار دارند و در برابر دناتوراسیون سطحی مقاومت می‌کنند (Ragab *et al*, 2004). همچنین ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری کف به تغییرات pH وابسته‌اند (شکل ۳). با توجه به داده‌های به‌دست آمده کمترین میزان کف‌کنندگی در محدوده نقطه ایزوالکتریک (pH= ۴/۵)، مشاهده شد که این عامل را به فشرده‌تر بودن پروتئین نسبت به pHهای دیگر نسبت داده‌اند. با افزایش pH بعد از نقطه ایزوالکتریک، افزایش کف‌کنندگی مشاهده شد، که می‌توان آن را به افزایش انعطاف‌پذیری پروتئین‌ها در آرد نسبت داد. نتایج به‌دست آمده در رابطه با میزان کف‌کنندگی با نتایج اکثر پژوهشگران مطابقت دارد (Adebowale *et al*., 2005؛ Arogundade *et al*., 2006؛ Lawal *et al*., 2005 ؛ Seena *et al*., 2005). در شکل ۳ ملاحظه می‌شود که بیشترین ظرفیت کف‌کنندگی در pH= ۹، مشاهده شد که ممکن است به دلیل کاهش واکنش‌های آب‌گریزی پروتئین‌ها و افزایش بار الکتریکی شبکه پروتئینی باشد که این عوامل باعث انتشار سریع‌تر پروتئین در فضای بین سطح هوا- آب شده ودر نتیجه سبب به دام افتادن ذرات هوا و افزایش تشکیل کف می‌شوند (Oladele *et al*, 2007). نتایج پایداری کف پس از گذشت ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه در ۴ سطح pH در شکل ۵ مشاهده می‌شود و همان‌طور که از شکل استنباط می‌شود، پایداری کف در تمامی سطوح pH با گذشت زمان کاهش می‌یابد علاوه بر این بیشترین میزان پایداری کف درمورد آرد کامل ماشک گل خوشه‌ای در pH= ۴/۵ مشاهده گردید. که با نتایج بسیاری از پژوهشگران نظیر (Aremo *et al*., 2007; Asadpour *et al*., 2011; Taghizadeh *et al*., 2016؛ Arogundade *et al*., 2006؛ Adebowale *et al*., 2005؛Lawal *et al*., 2005) مطابقت دارد. پایداری بهتر کف در pH ایزوالکتریک ممکن است به دلیل تشکیل لایه‌های مولکولی پایدار در این pH باشد که این لایه‌ها باعث پایداری و الاستیسیته کف می‌شود. به علاوه پروتئین در نزدیک pH ایزوالکتریک دارای بار خالص کمترمی‌باشد؛ و ممکن است در تشکیل لایه‌های مولکولی پایدار در سطح بین هوا- آب شرکت کند و در نتیجه پایداری کف را افزایش دهد.



شکل۵- تاثیر مقادیر مختلف pH و زمان بر پایداری کف آرد ماشک گل خوشه‌ای

نتیجه‌گیری

در این پژوهش با هدف شناخت دانه و آرد ماشک گل خوشه‌ای، به بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی دانه و نیز ویژگی‌های عملکردی آرد حاصل از آن قبل و بعد از چربی‌گیری پرداخته شد. در بخش اول، خصوصیات فیزیکی رایج شامل؛ ابعاد، قطر حسابی و هندسی، ضریب کرویت، دانسیته و تخلخل اندازه‌گیری و با سایر دانه‌ها مقایسه گردید. خصوصیات شیمیایی آرد حاصل قبل و بعد از چربی‌گیری اندازه‌گیری و مشاهده شد پس از چربی‌گیری از آرد ماشک گل خوشه‌ای میزان پروتئین، رطوبت، کربوهیدرات و خاکستر افزایش یافته است. در بخش دوم خواص عملکردی آردماشک گل خوشه‌ای قبل و بعد از چربی‌گیری اندازه گرفته شد و اثر pH بر این خواص روی آرد کامل ماشک گل خوشه‌ای مورد بررسی قرار گرفت که نتایج نشان داد حذف چربی باعث بهبود توانایی آرد در حفظ چربی و آب، اندیس حلالیت، حلالیت پروتئین، حداقل غلظت ژل‌دهندگی، ظرفیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون و همچنین ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری کف می‌گردد. مطابق با نتایج به‌دست آمده از تاثیر pH بر میزان ظرفیت امولسیون‌کنندگی و کف‌کنندگی آرد ماشک گل خوشه‌ای مشاهده شد که در pH=۴/۵ ظرفیت امولسیون‌کنندگی و کف‌کنندگی به دلیل نزدیک شدن به نقطه ایزوالکتریک کاهش می‌یابد. نکته قابل توجه این که در pH ایزوالکتریک بیشترین پایداری کف و کمتری پایداری امولسیون مشاهده شد. بنابراین نتایج نشان داد که تغییر pH و چربی‌گیری تاثیر معنی‌داری بر خواص عملکردی دارد که می‌توان با تغییر این پارامترها، آردها و فراورده‌هایی با ویژگی‌های متنوع ایجاد کرد.

منابع

AACC.American Association of Cereal Chemists.Approved Method.2003. 08-03,8th ed., St. Paul, MN, USA.

Adebowale, K. O., and Lawal, O. S. 2003. Foaming, gelation and electrophoretic characteristics of mucuna bean (*Mucuna pruriens*) protein concentrate. *Food Chemistry*, 83, 237–246.

Adebowale, K.O. & Lawal, O.S .2004. Comparative study of the functional properties of bambarra groundnut (*Voandzeia subterranean*), jack bean (*Canavalia ensiformis*) and mucuna bean (*Mucuna pruriens*) flours. *Food Research International*, 37: 355-365.

Adebowale, Y.A., Adeyemi, I.A. & Oshodi, A.A. 2005. Functional and physicochemical properties of flours of six Mucuna species. *African Journal of Biotechnolog*, 4: 1461-1468.

Akintayo ET, Oshodi AA, Esuoso KO. Effect of ionic strength and pH on the foaming and gelation of pigeon pea (*cajanus cajan*) protein concentrates. *Food Chem* 1999; 66: 51-6.

Alizade, Kh., Lamei, J., Fakhrevaezi, A., Neyestani, E., Shabani, A., Bahrami, S., Vaezi, B., and Khademi, K. 2008. Production of forage plant in the arid and semiarid dryland. Pp. 279. In: Proceedings of the 2nd National Conference of Forage Plants.

Aluko, R.E. & Yada, R.Y. 1995. Structure-function relationship of cowpea (*Vigna unguiculata*) globulin isolate: influence of pH and NaCl on physicochemical and functional properties. *Food Chemistry*, 53: 259-265.

Aremo, M. O., O. Olaofe and E. T. Akintayo (2007). "Functional properties of some Nigerian varieties of legume seed flours and flour concentration effect on foaming and gelation properties." *Journal of Food Technology* 5(2): 109-11

Arogundade, L. A. 2006. Functional characterization of Tef (*Eragosticstef*) protein concentrate: Influence of altered chemical environment on its gelation, foaming, and water hydration properties. *Food Hydrocolloids*, 20: 831-838.

Arogundade, L. A., Tshay, M., Shumey, D., and Manazie, S., 2006, Effect of ionic strength and/or pH on extractability and physicofunctional characterization of board bean (*Vicia faba L.*) protein concentrate, *Food Hydrocolloids*, 20, 1124-1134.

Arogundade, L.A., Akinfenwa, M.O. & Salawu, A.A. 2004. Effect of NaCl and its partial or complete replacement with KCl on some functional properties of defatted Colocynthis citrullus L. seed flour. *Food Chemistry*, 84: 187-193.

Asadpour, E.; Jafari, S.M.; Mahoonak, A.S.; Ghorbani, M., 2011. Evaluation of emulsifying and foaming capacity ofthe legume flours and the influence of pH and ionic strength on these properties, *Iranian Food Science andTechnology Research Journa*l, 7(1), 80-91.

Assadpour, E.; Jafari, S. M.; Mahoonak, A. S.; Ghorbani, M., 2010. Evaluation of Protein Solubility and Water and Oil Holding Capacity of the Legume Flours, *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 6(3), 184-192.

Bakhshi moghadam, F., Milani, E., Mortazavi, S. A., Meshkani, S. M.(2013). Effect of extraction methods on functional properties of Chickpea protein isolated. *Journal of Food Science and Technology*, 10 (38) .11-20 (in Persian).

Boye J, Zare F, Pletch A. 2010a. Pulse protein: Processing, characterization, functional properties and application in food and feed. *Food Research International*, 43: 414–431.

Damodaran, S. 1997. Food proteins: An overview. In S. Damodaran. A. Paraf (Eds.), Food proteins and their applications (pp. 1–21). New York: Marcel Dekker.

El Nasri, N.A. & El Tinay, A.H. 2007. Functional properties of fenugreek (*Trigonella foenum graecum*) protein concentrate. *Food Chemistry*, 103: 582-589.

Feyzi S., Varidi M., Zare F. and Varidi M.J., 2013. Investigation of chemical composition, color parameters, and functional properties of Fenugreek flour and comparison with soybean flour. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*, 2(2), 121-138 (in Persian).

Feyzi, S., Varidi, M., Zare, F., & Varidi, M. J. (2015). Fenugreek (*Trigonella foenum graecum*) seed protein isolate: extraction optimization, amino acid composition, thermo and functional properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(15), 3165-3176.

Ghodsvali, A., Haddad Khodaparast, M. H., Vosoughi, M., and Diosady, L. L. 2005. Preparation of canola protein materials using membrane technology and evaluation of meals functional properties. *Food Research International*. 38, 223-231.

Gupta, S., Chandi, G. K., and Sogi, D. S. 2008. Effect of Extraction Temperature on Functional Properties of Rice Bran Protein Concentrates. *International Journal of Food Engineering*, 66: 103-116.

Hesarinejad, M. A., Rezaiyan, A. F., Mosaffa, O., & Shokrolahi, Y. B. (2017). The effect of incorporation of chlorella vulgaris into cake as an egg white substitute on physical and sensory properties. *Food Science and Technology*, 14(68), 61-72.

Joshi, A. U., Liu, C., Sathe, S. K. 2015. Functional properties of select seed flours.LWT- *Food Science and Technology* 60: 325-331.

Kanu, P. J., Kerui, Z., Ming, Z. H., Haifeng, Q., Kanu, J. B., and Kexue, Z. 2007. Sesame protein: Functional properties of sesame (*Sesamum indicum* L.) protein isolate as influenced by PH, temperature, time and ratio of flour to water during its production. *Asian Journal of Biochemistry*, 5: 289-301.

Kaur, M., Singh Sandha, K. 2010.Functional, thermal and pasting characteristics of flours from different lentil (*Lens culinaris*) cultivars.journal of food science and technology-mysore 47(3):273–278.

Kaur, M., Singh, N.2007. Characterization of protein isolates from different Indian chickpea cultivars. *Food Chemistry*, 102: 366-74.

Kinsella, J. E. (1982). Relationship between structure and functional properties of food proteins. *Food proteins*, *1*, 51-103.

Kinsella, J. E. 1979. Functional properties of soy protein. *Journal of American Oil Chemists Society*, 56: 242–249.

Koochaki, A., & Hesarinezhad, M.A. (2017). Effect of freezing, pasteurization and sterilization on physical properties of oil-in-water stabilized with *lepidium perfoliatum* seed gum and whey protein concentrate. *Food Science and Technology* 14 (64), 21-31.

Koocheki, A., Razavi, S. M., & Hesarinejad, M. A. (2012). Effect of extraction procedures on functional properties of Eruca sativa Seed Mucilage. *Food Biophysics*, *7*(1), 84-92.

Lawal, O. S. 2004, Functionality of African locust bean (*Parkia biglobossa*) protein isolate: effects of pH, ionic strength and various protein concentrations. *Food Chemistry*, 86: 345-355.

Lawal, O. S., K. O. Adebowale, and Adeyemi. 2005. Effects on the functional properties of globulin and albumin protein fractions and flours of African locust bean (*Parkia biglobossa*). *Food Chemistry* 92(4): 681-691.

Lee, M. J., Kim, M. J., Kwak, H. S., Lim, S. T., & Kim, S. S. (2017). Effects of ozone treatment on physicochemical properties of Korean wheat flour. Food science and biotechnology, 26(2), 435-440.

Majzoobi, M.., Abedi, E., Farahnaki, A., Aminlari, M. 2012. Functional properties of acetylatedglutenin and gliadin at varying pH values. *Food Chemistry*, 133:1402‑1407.

Mao X and Hua Y, 2012. Composition, structure and functional properties of protein concentrates and isolates produced from walnut (*Juglans regia* L.). *International Journal of Molecular Science*, 13: 1561- 1581.

Maruatona, G. N., Duodu, K. G., Minnaar, A. 2010. Physicochemical, nutritional and functional properties of marama bean flour. *Food chemistry*, 121, 400-405.

Oladele, A. K. and J. O. Aina 2007. Chemical composition and functional properties of flour produced from two varieties of tiger nut (*Cyprus esculents*). *African Journal of iotechnology* 6(21): 2473-2476.

Oladele, A.K. Aina, J. O. 2007. Chemical composition and functional properties of flour produced from two varieties of tigernut (Cyperus esculentus). *African Journal of Biotechnology* .6: 2473-2476.

Oshodi, A.A. & Ojokan, E. 1997. Effect of salts on some of the functional properties of bovine plasma protein concentrate. *Food Chemistry*, 59: 333-338.

Piornos, J. A., Burgos-Díaz, C., Ogura, T., Morales, E., Rubilar, M., Maureira-Butler, E., Salvo-Garrido, H. 2015. Functional and physicochemical properties of a protein isolate from AluProt-CGNA: A novel protein-rich lupin variety (*Lupinus luteus*). *Food Research International*, 76(3):719–724.

Ragab, D. M., and Babiker, E. E. 2004.Fractionation, solubility and functional properties of cowpea (*Vigna unguiculata*) proteins as affected by pH and/or salt concentration. *Food Chemistry*. 84(2): 207- 212.

Ravaghi M. Mazaheri M. Asoodeh A. 2010. Evaluating the functional properties of four types of soy flour produced in Iran, *Journal of Food Research* 6(3). 1-7 (in Persian).

Ravaghi M. Mazaheri M. Asoodeh A. 2011. Role of Soy Flour Type and Production Procedure on Chemical and Functional Properties of Its Protein Concentrate. *Journal of Food Research* 21(1). 71-82 (in Persian).

Razavi, M.A., Fathi, M. 2009. Moisture-Dependent Physical Properties of Grape (*Vitis vinifera* L.) Seed.Philippine *Agricultural Scientist*, 92:201-212.

Razavi, S. M. A.; Zahedi, I.; Mahdavian Mehr, H. 2009. Some Engineering Properties of Plantago major L. (Barhang) Seed, *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 5(2), 88-96.

Rezaiyan Attar, F., Rezagholi, F., & Hesarinejad, M. A. (2018). Vicia villosa protein isolate: a new source of protein to make a biodegradable film. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, *12*(1), 461-471.

Sadeghi M., Abbasi M. and Masoomi A. 2010. Physical and Aerodynamic Properties of Pinto Bean Grain as Affected by Moisture Content, *Iranian Journal of Biosystem Engineering*. 42(2). 145-152.

Sathe SK, Salunkhe DK. Functional properties of great northern bean proteins: emulsion, foaming, viscosity and gelation properties. *J Food Sci* 1981; 46: 71-5.

Seena, S.K. & Sridhar, R. 2005. Physiochemical, functional and cooking properties of Canavalia, Food Chemistry, 32: 406-412.

Shokrollahi Yanchechmeh, B; Mohebbi, M; Varidi, M; Ansarifar, E, 2014. Effects of Temperature, Frying time and Lentil Flour Addition to the batter formulation on quality of simulated fried crust by using a Deep-Fried Model System, *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 10(3). 266-275.

Singh, P., Kumar, R., Sabapathy, S. N., & Bawa, A. S. (2008). Functional and edible uses of soy protein products. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, *7*(1), 14-28.

Taghizadeh M., Shokrollahi B., Hamedi F., 2016. Evaluation the physicochemical and mechanical properties of bittervetch seed (Viciaervilia) and the functional properties of its flour, *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology* 13(1), 38- 52 (in Farsi).

Yal-cin, C. Ozarslan, O. 2004.Physical Properties of Vetch Seed.*Biosystems Engineering*, 88: 507–512.

Iranian Food Science and Technology
Research Journal
Vol. 17, No. 4, Oct- Nov 2021, p. 543-557

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۷، شماره ۴، مهر- آبان ۱۴۰۰، ص. ۵۵۷-۵۴۳

Evaluation the physical properties of *Vicia Villosa* seed and Study the effect of defatting and pH on the physicochemical and functional properties of its flour

B. Shokrollahi Yancheshmeh[1], M. A. Hesarinejad[2], Z. Zamani[3], N. Yousefi[4], A. Abdolshahi[5], A. Jebelli Javan[6*]

Received: 2020.05.02
Accepted: 2020.10.07

Introduction: Due to increasing the demand for new sources of protein and the lack of animal protein sources, using and replacing of plant proteins is widely considered. The purpose of this study was to identify the potential of *Vicia villosa* flour as a native and novel source of protein. In this research, the physical properties of vicia villosa seed and chemical composition (protein, fat, ash, and carbohydrate and moisture contents) and color parameters of its full fat flour were determined and compared with defatted flour as well as the effect of defatting and pH on the functional properties of full fat and defatted *vicia villosa* flour were investigated.

Materials and methods: *Vicia Villosa* seed was obtained from the local market in Chaharmahal and Bakhtiari province and was cleaned, skinned and, milled. Half of the full fat flour was defatted. The obtained flours were then refrigerated at 4°C for further analysis. Physical properties of the seed including size, dimension, mass, true and bulk density as well as porosity were measured using standard methods and calibrated equipments. Chemical composition of both the seed and skinned seed's flour (moisture content, fat, protein and ash) were determined using standard methods (AACC, 2003). The carbohydrate content of the samples was determined by subtraction of the sum of other compositional substances from 100. Color properties, protein solubility, water soluble index, water and oil absorption capacity, least gelation concentration, foaming capacity and emulsifying capacity and emulsion stability and foaming stability were also measured for the full fat and defatted Vicia Villosa flours.

Results and discussion: The results obtained from the measurement of physical properties for the Vicia Villosa seed showed that length, width, and thickness of the seeds were 5.4 mm, 5.37 mm, and 5.38 mm respectively. The surface area of seeds was found to be 90.98 mm^2. True density, bulk density, and porosity of samples were found to be 1286.3 mm^3, 788.8 mm^3, and 38.67%, respectively. The amount of protein for full fat and defatted *Vicia Villosa* flour was 28.3% and 31.02%, respectively. L* was measured for the obtained flours and the highest L* was belonged to defatted *Vicia Villosa* flour, probably due to the removal of the seed shells in the solvent removal stage. Defatting of flour would result in brighter and increase in protein content of flour. The test on protein solubility showed the high dependency of this parameter to pH of the flour proving the U form dependency in the pH range of 2-12. At an isoelectric point of 4.5, the minimum solubility of existing proteins was shown. Water and oil absorption capacity of Full fat were 1.33± 0.4 and 0.85± 0.07 and Defatted Vicia Villosa flour,were 1.94± 0.2 and 1.19± 0.1 respectively (grams of water or oil per grams of the sample). Furthermore, at pH= 4.5, the emulsion and foaming capacity decrease due to its proximity to the isoelectric point. It is noteworthy that in isoelectric pH, the highest foaming stability and the lowest emulsion stability were observed. In addition, the results showed that pH and defatting conditions have a significant effect on functional properties that can be created by changing these parameters, flours, and products with various characteristics. The results showed that changes in pH and defatting process affected the solubility, water and fat absorption, least gelation concentration, foaming capacity and emulsion capacity of flour, so that by defatting and changing pH, functional properties improved significantly.

Keywords: Flour, Defatting, pH, Functional properties, *Vicia Villosa*.

1 and 5. Researcher and Assistant Professor, Department of Food Safety Research Center (Salt), Semnan University of Medical Sciences, Semnan, Iran

2. Assistant Professor, Department of Food Processing, Research Institute of Food Science and Technology (RIFST), Mashhad, Iran

3. PhD student, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Iran.

4. PhD student, Department of Food Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran.

6. Associate Professor, Department of Food Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, Semnan University, Semnan, Iran.

(*Corresponding Author Email: jebellija@profs.semnan.ac.ir)